

PATENT  
8008-1052

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Yasutaka NAKASHIBA Conf.

Application No. NEW NON-PROVISIONAL Group

Filed March 30, 2004 Examiner

SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT DEVICE

CLAIM TO PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

March 30, 2004

Sir:

Applicant(s) herewith claim(s) the benefit of the priority filing date of the following application(s) for the above-entitled U.S. application under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2003-106118	April 10, 2003

Certified copy(ies) of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

*Benoit Castel*

---

Benoit Castel, Reg. No. 35,041  
745 South 23<sup>rd</sup> Street  
Arlington, VA 22202  
Telephone (703) 521-2297  
Telefax (703) 685-0573  
703) 979-4709

BC/ia

Attachment(s): 1 Certified Copy(ies)

US

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 4月10日

出願番号 Application Number: 特願2003-106118

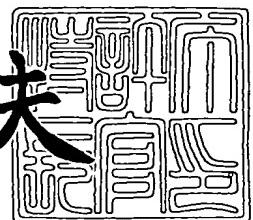
[ST. 10/C]: [JP 2003-106118]

出願人 Applicant(s): NECエレクトロニクス株式会社

2004年 2月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 74120012  
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿  
【国際特許分類】 H03H 5/12  
【発明の名称】 半導体集積回路装置  
【請求項の数】 3  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753番地 NECエレクトロニクス株式会社内  
【氏名】 中柴 康隆  
【特許出願人】  
【識別番号】 302062931  
【氏名又は名称】 NECエレクトロニクス株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100090158  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 藤巻 正憲  
【電話番号】 03-3539-5651  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 009782  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0216549  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体集積回路装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一基板上にMOS型トランジスタ及びMOS型バラクタ素子が形成された半導体集積回路装置において、前記MOS型バラクタ素子のゲート絶縁膜が、前記MOS型トランジスタのゲート絶縁膜のうち最も薄いゲート絶縁膜よりも薄いことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項2】 前記MOS型バラクタ素子に印加されるゲート電圧の最大値が、前記MOS型トランジスタに印加されるゲート電圧の最大値よりも低いことを特徴とする請求項1に記載の半導体集積回路装置。

【請求項3】 前記MOS型トランジスタ及び前記MOS型バラクタ素子が同一の半導体基板の表面に形成されており、前記MOS型トランジスタのゲート絶縁膜及び前記MOS型バラクタ素子のゲート絶縁膜が前記半導体基板上に形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体集積回路装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はMOS型バラクタ素子を備えた半導体集積回路装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体集積回路装置において、電圧制御可変容量素子としてMOS (Metal Oxide Semiconductor: 金属酸化物半導体) 型バラクタ素子が使用されている。MOS型バラクタ素子は、例えば、LC-VCO (Voltage Controlled Oscillator: 電圧制御発振器) の発振周波数の制御に使用されている。

【0003】

図4 (a) 乃至 (c) は、従来のMOS型バラクタ素子を備えた半導体集積回路装置を示す断面図であり、(a) はMOS型のNチャネルトランジスタを示し、(b) はMOS型のPチャネルトランジスタを示し、(c) はMOS型バラクタ素子を示す。図4 (a) 乃至 (c) に示す各素子は、同一の半導体集積回路装

置中に設けられたものであり、従って、同一の半導体基板に形成されている。図4 (a) 乃至 (c) に示すように、この半導体集積回路装置においては、例えばP型シリコンからなるP型基板PSubが設けられている。そして、このP型基板PSubの表面に、MOS型のNチャネルトランジスタ1、MOS型のPチャネルトランジスタ2及びMOS型のバラクタ素子23が設けられている。

#### 【0004】

図4 (a) に示すように、Nチャネルトランジスタ1においては、P型基板PSubの表面にPウエルPW1が形成されている。このPウエルPW1には、P型不純物として例えばB(ボロン)が注入されている。また、このPウエルPW1上にはゲート絶縁膜4が形成されている。ゲート絶縁膜4は例えばシリコン酸化膜により形成されており、その膜厚は例えば8.0nmである。そして、ゲート絶縁膜4上には、例えばポリシリコンがパターニングされて形成されたゲート電極5が設けられている。また、P型基板PSubの表面に垂直な方向から見て、PウエルPW1の表面におけるゲート電極5を挟む2ヶ所の領域には、夫々n+拡散領域N1及びN2が形成されている。

#### 【0005】

更に、PウエルPW1の表面におけるゲート電極5の直下域並びにn+拡散領域N1及びN2から離隔した領域には、p+拡散領域P1が形成されている。更にまた、P型基板PSubの表面におけるPウエルPW1が形成されていない領域の一部には、p+拡散領域P2が形成されている。p+拡散領域P1及びP2においては、P型不純物として例えばB(ボロン)が注入されている。そして、n+拡散領域N1はソース端子Vs1に接続され、n+拡散領域N2はドレイン端子Vd1に接続され、ゲート電極5はゲート端子Vg1に接続され、p+拡散領域P1及びP2は接地電位配線GNDに接続されている。

#### 【0006】

また、図4 (b) に示すように、Pチャネルトランジスタ2においては、P型基板PSubの表面にNウエルNW1が形成されている。このNウエルNW1には、N型不純物として例えばP(リン)が注入されている。また、このNウエルNW1上にはゲート絶縁膜4が形成されている。このゲート絶縁膜4はNチャネ

ルトランジスタ1のゲート絶縁膜4と一緒に形成されたものであり、従って、例えばシリコン酸化膜により形成されており、その膜厚は例えば8.0 nmである。そして、ゲート絶縁膜4上には、例えばポリシリコンからなるゲート電極5が形成されている。このゲート電極5は、図4(a)に示すNチャネルトランジスタ1のゲート電極5と一緒に形成されたものである。また、P型基板PSubの表面に垂直な方向から見て、NウエルNW1の表面におけるゲート電極5を挟む2ヶ所の領域には、夫々p<sup>+</sup>拡散領域P3及びP4が形成されている。このp<sup>+</sup>拡散領域P3及びP4においては、P型不純物として例えばB(ボロン)が注入されている。

### 【0007】

更に、NウエルNW1の表面におけるゲート電極5の直下域並びにp<sup>+</sup>拡散領域P3及びP4から離隔した領域には、n<sup>+</sup>拡散領域N3が形成されている。更にまた、P型基板PSubの表面におけるNウエルNW1が形成されていない領域の一部には、p<sup>+</sup>拡散領域P5が形成されている。そして、p<sup>+</sup>拡散領域P3はソース端子V<sub>S</sub>2に接続され、p<sup>+</sup>拡散領域P4はドレイン端子V<sub>D</sub>2に接続され、ゲート電極5はゲート端子V<sub>G</sub>2に接続され、n<sup>+</sup>拡散領域N3は電源電位配線VDDに接続され、p<sup>+</sup>拡散領域P5は接地電位配線GNDに接続されている。なお、Pチャネルトランジスタ2はNチャネルトランジスタ1と共にCMOSトランジスタを形成していくてもよい。

### 【0008】

更に、図4(c)に示すように、バラクタ素子23においては、P型基板PSubの表面にNウエルNW2が形成されている。このNウエルNW2は、図4(b)に示すPチャネルトランジスタ2のNウエルNW1と一緒に形成されたものであり、不純物の種類及び濃度はNウエルNW1と同様である。そして、このNウエルNW2上にはゲート絶縁膜4が形成されている。このゲート絶縁膜4はNチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2のゲート絶縁膜4と一緒に形成されたものであり、従って、例えばシリコン酸化膜により形成されており、その膜厚は例えば8.0 nmである。そして、ゲート絶縁膜4上には、例えばポリシリコンからなるゲート電極5が形成されている。このゲート電極5は、図

4 (a) に示すNチャネルトランジスタ1のゲート電極5、及び図4 (b) に示すPチャネルトランジスタ2のゲート電極5と同時に形成されたものである。また、P型基板PSubの表面に垂直な方向から見て、NウエルNW2の表面におけるゲート電極5を挟む2ヶ所の領域には、夫々n<sup>+</sup>拡散領域N4及びN5が形成されている。このn<sup>+</sup>拡散領域N4及びN5は、Nチャネルトランジスタ1のn<sup>+</sup>拡散領域N1及びN2並びにPチャネルトランジスタ2のn<sup>+</sup>拡散領域N3と同時に形成されたものである。

#### 【0009】

更に、P型基板PSubの表面におけるNウエルNW2が形成されていない領域の一部には、p<sup>+</sup>拡散領域P6が形成されている。このp<sup>+</sup>拡散領域P6は、Nチャネルトランジスタ1のp<sup>+</sup>拡散領域P1及びP2並びにPチャネルトランジスタ2のp<sup>+</sup>拡散領域P3及びP4と同時に形成されたものである。そして、n<sup>+</sup>拡散領域N4及びN5はウエル端子Vbに接続され、ゲート電極5はゲート端子Vg3に接続され、p<sup>+</sup>拡散領域P6は接地電位配線GNDに接続されている。なお、図4 (a) 乃至 (c) においては、ゲート電極5の直下域にのみゲート絶縁膜4が示されているが、ゲート絶縁膜4は、P型基板PSub上における各拡散領域の直上域を除く全領域に形成されていることもある。

#### 【0010】

この従来の半導体集積回路装置においては、p<sup>+</sup>拡散領域P2、P5及びP6に夫々接地電位配線GNDを介して接地電位を印加することにより、P型基板PSubの電位を接地電位とする。また、Pチャネルトランジスタ2のn<sup>+</sup>拡散領域N3に電源電位配線VDDを介して電源電位を印加することにより、NウエルNW1の電位を電源電位とする。そして、Nチャネルトランジスタ1のソース端子Vs1、ドレイン端子Vd1及びゲート端子Vg1に夫々所定の電位を印加することにより、Nチャネルトランジスタ1が駆動する。同様に、Pチャネルトランジスタ2のソース端子Vs2、ドレイン端子Vd2及びゲート端子Vg2に夫々所定の電位を印加することにより、Pチャネルトランジスタ2が駆動する。

#### 【0011】

また、バラクタ素子23において、ゲート端子Vgとウエル端子Vbとの間に

印加する電圧（以下、ゲート電圧という）を変化させることにより、ゲート電極5とNウエルNW2との間の容量を変化させることができる。即ち、ゲート端子Vgに正電位を印加し、ウエル端子Vbに負電位を印加して、両端子間の電圧を十分に大きくすると、バラクタ素子はアキュムレーション状態となって、バラクタ素子の容量値はほぼゲート絶縁膜4の容量値となり、最大値となる。一方、ゲート端子Vgの電位を負に変化させていくと、NウエルNW2におけるゲート電極5の直下域に空乏層が形成され、この空乏層が拡がることにより、バラクタ素子の容量が減少していく。そして、ゲート端子Vgの電位を十分に低くすると、空乏層の拡がりが飽和する。これにより、容量もそれ以上減少しなくなり、最小値に達する。なお、ゲート端子Vgとウエル端子Vbとの間に印加する電圧の最大値は、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2の駆動電圧と等しく、例えば3.3Vである。

#### 【0012】

上述の如く、この半導体集積回路装置においては、バラクタ素子23をNチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2を形成する工程において同時に形成することができる。このため、バラクタ素子23を設けることにより、半導体集積回路装置の製造プロセスを修正したり、新たなプロセスを追加したりする必要がないという利点がある。

#### 【0013】

しかしながら、この従来の半導体集積回路装置には以下に示すような問題点がある。MOS型バラクタ素子はMOSFETの製造プロセスによりMOSFETと同時に形成されるため、その特性、即ち、可変容量範囲及び単位面積当たりの容量の最大値等はMOSFETの形成条件により決定されてしまう。しかし、MOS型バラクタ素子の特性は、その使用用途により最適に調整されていることが好ましい。例えば、MOS型バラクタ素子を電圧制御可変容量素子として使用する場合には、その可変容量範囲は可及的に広い方が好ましく、また、単位面積当たりの容量値は可及的に大きい方が好ましい。

#### 【0014】

従来、半導体集積回路装置において、電圧降下手段及び複数のバラクタ素子を

設け、電圧降下手段により複数種類の電圧を発生させ、この複数種類の電圧をバラクタ素子に印加することにより、容量値の変化率を任意に設定可能にする技術が開示されている（例えば、特許文献1参照。）。

#### 【0015】

また、MOS型バラクタ素子23の特性を変化させる方法として、例えばNウエルNW2の不純物濃度を変化させる方法が考えられる。図5は横軸にゲート端子とウエル端子との間の電圧（ゲート電圧）をとり、縦軸にゲート端子とウエル端子との間の容量をとって、NウエルNW2（図4参照）の不純物濃度を変化させたときのMOS型バラクタ素子の高周波C-V特性を示すグラフ図である。図5に示す実線21はNウエルの不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である場合のC-Vカーブを示し、容量の最大値をC<sub>max</sub>、最小値をC<sub>min</sub>とすると、比（C<sub>max</sub>/C<sub>min</sub>）は5.0である。また、破線22はNウエルの不純物濃度が $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である場合のC-Vカーブを示し、比（C<sub>max</sub>/C<sub>min</sub>）は5.5である。図5に示すように、不純物濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ から $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に低減すると、容量の最小値が小さくなり、容量可変範囲が約1.1倍に広がる。

#### 【0016】

##### 【特許文献1】

特開2002-43842号公報

#### 【0017】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前述の従来の技術には、以下に示すような問題点がある。特許文献1に記載された技術においては、容量値の変化率は制御することができるものの、容量可変範囲を広げることはできず、また、単位面積当たりの容量値を増大させることもできない。

#### 【0018】

また、図5に示すように、容量可変範囲を広げるために不純物濃度を低くすると、最大容量値が大きくなるのではなく、最小容量値が小さくなるため、可変容量範囲は広くなるものの、単位面積当たりの容量値を増加させることはできない

。このため、所望の容量値を得るための容量素子の面積が大きいものとなり、場合によっては、新たにバラクタ素子専用のウエルを形成する必要が生じ、レイアウト面積が大きくなってしまう。

### 【0019】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、可変容量範囲が広く、単位面積当たりの容量値が大きいMOS型バラクタ素子を備えた半導体集積回路装置を提供することを目的とする。

### 【0020】

#### 【課題を解決するための手段】

本発明に係る半導体集積回路装置は、同一基板上にMOS型トランジスタ及びMOS型バラクタ素子が形成された半導体集積回路装置において、前記MOS型バラクタ素子のゲート絶縁膜が、前記MOS型トランジスタのゲート絶縁膜のうち最も薄いゲート絶縁膜よりも薄いことを特徴とする。

### 【0021】

本発明においては、MOS型バラクタ素子のゲート絶縁膜をMOS型トランジスタのゲート絶縁膜よりも薄くすることにより、MOS型バラクタ素子の容量の最大値を大きくすることができる。これにより、単位面積あたりの容量値を増加させることができると共に、このMOS型バラクタ素子の容量可変範囲を広くすることができる。

### 【0022】

また、前記MOS型バラクタ素子に印加されるゲート電圧の最大値が、前記MOS型トランジスタに印加されるゲート電圧の最大値よりも低いことが好ましい。これにより、MOS型トランジスタの特性を確保したまま、MOS型バラクタ素子のゲート絶縁膜が印加される電圧により破壊されることを防止できる。

### 【0023】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について添付の図面を参照して具体的に説明する。先ず、本発明の第1の実施形態について説明する。図1(a)乃至(c)は、本実施形態に係る半導体集積回路装置を示す断面図であり、(a)はMOS型のNチ

ヤネルトランジスタを示し、(b)はMOS型のPチャネルトランジスタを示し、(c)はMOS型バラクタ素子を示す。なお、本実施形態の構成要素のうち、図4(a)乃至(c)に示す従来の半導体集積回路装置の構成要素と等価な要素には同じ符号を付し、詳細な説明を省略する。図1(a)乃至(c)に示す各素子は、同一の半導体集積回路装置中に設けられたものであり、従って、同一の半導体基板に形成されている。

#### 【0024】

図1(a)乃至(c)に示すように、この半導体集積回路装置においては、例えばP型シリコンからなるP型基板PSubが設けられている。そして、このP型基板PSubの表面に、MOS型のNチャネルトランジスタ1、MOS型のPチャネルトランジスタ2及びMOS型のバラクタ素子3が設けられている。図1(a)及び(b)に示すNチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2の構成は、図4(a)及び(b)に示す従来の半導体集積回路装置におけるNチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2の構成と同じである。

#### 【0025】

図1(c)に示すように、バラクタ素子3において、P型基板PSub、NウエルNW2、n<sup>+</sup>拡散領域N4及びN5、並びにp<sup>+</sup>拡散領域P6の構成は、前述の図4(c)に示す従来の半導体集積回路装置のバラクタ素子23と同様である。即ち、n<sup>+</sup>拡散領域N4及びN5は、Nチャネルトランジスタ1のn<sup>+</sup>拡散領域N1及びN2並びにPチャネルトランジスタ2のn<sup>+</sup>拡散領域N3と同時に形成されたものである。また、p<sup>+</sup>拡散領域P6は、Nチャネルトランジスタ1のp<sup>+</sup>拡散領域P1及びP2並びにPチャネルトランジスタ2のp<sup>+</sup>拡散領域P3乃至P5と同時に形成されたものである。

#### 【0026】

バラクタ素子3においては、NウエルNW2上にはゲート絶縁膜14が形成されている。そして、このゲート絶縁膜14は、図1(a)及び(b)に示すNチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2のゲート絶縁膜4と同層で形成されており、ゲート絶縁膜14の膜厚はゲート絶縁膜4の膜厚よりも薄くなっている。ゲート絶縁膜14は例えばシリコン酸化膜により形成されており、そ

の膜厚は例えば6.0 nmである。なお、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2のゲート絶縁膜4の膜厚は、例えば8.0 nmである。ゲート絶縁膜14上には、例えばポリシリコンからなるゲート電極5が形成されている。このゲート電極5は、図1(a)に示すNチャネルトランジスタ1のゲート電極5、及び図1(b)に示すPチャネルトランジスタ2のゲート電極5と同時に形成されたものである。そして、 $n^+$ 拡散領域N4及びN5はウエル端子Vbに接続され、ゲート電極5はゲート端子Vg3に接続され、 $p^+$ 拡散領域P6は接地電位配線GNDに接続されている。なお、図1(a)乃至(c)においては、ゲート電極5の直下域にのみゲート絶縁膜4又は14が示されているが、ゲート絶縁膜4及び14はP型基板PSub上における各拡散領域の直上域を除く全領域に形成されていてもよい。

### 【0027】

なお、本実施形態に係る半導体集積回路装置において、ゲート絶縁膜4とゲート絶縁膜14とは、マルチオキサイドの形成方法により作り分けることができる。例えば、P型基板PSub上に厚さが3.0 nmのシリコン酸化膜を形成した後、これをパターニングして、ゲート絶縁膜4を形成する予定の領域のみにこのシリコン酸化膜を残留させる。次に、厚さが6.0 nmのシリコン酸化膜を形成し、これをパターニングして、ゲート絶縁膜4及び14を形成する予定の領域のみにこのシリコン酸化膜を残留させる。これにより、ゲート絶縁膜14として厚さが6.0 nmのシリコン酸化膜が形成されると共に、前の工程において形成した厚さが3.0 nmのシリコン酸化膜が更に成長して、ゲート絶縁膜4として厚さが8.0 nmのシリコン酸化膜が形成される。

### 【0028】

次に、本実施形態に係る半導体集積回路装置の動作について説明する。本実施形態におけるNチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2の動作は、前述の図4(a)乃至(c)に示す従来の半導体集積回路装置と同様である。

### 【0029】

図2は横軸にゲート端子とウエル端子との間の電圧をとり、縦軸にゲート端子とウエル端子との間の容量をとって、MOS型バラクタ素子の高周波C-V特性

を示すグラフ図である。図2に示す破線20は、本実施形態のMOS型バラクタ素子のC-V特性を示し、実線21は、図5の実線21に示す従来の半導体集積回路装置のバラクタ素子のC-V特性を示す。

### 【0030】

図1(c)及び図2に示すように、バラクタ素子3において、ゲート端子Vg3とウエル端子Vbとの間に印加する電圧(ゲート電圧)を変化させることにより、ゲート電極5とNウエルNW2との間の容量を変化させることができる。即ち、ゲート端子Vg3に正電位を印加し、ウエル端子Vbに負電位を印加して、両端子間の電圧を十分に大きくすると、バラクタ素子はアキュムレーション状態となって、バラクタ素子の容量値はほぼゲート絶縁膜14の容量値となり、最大値となる。このとき、MOS型バラクタ素子3のゲート絶縁膜14は、従来のMOS型バラクタ素子23のゲート絶縁膜4よりも薄いため、MOS型バラクタ素子3の最大容量値は、MOS型バラクタ素子23の最大容量値よりも大きくなる。

### 【0031】

この状態から、ゲート端子Vg3の電位を負に変化させていくと、NウエルNW2におけるゲート電極5の直下域に空乏層が形成され、この空乏層が拡がることにより、バラクタ素子の容量が減少していく。そして、ゲート端子Vg3の電位を十分に低くすると、空乏層の拡がりが飽和する。これにより、容量もそれ以上減少しなくなり、最小値に達する。このとき、最小容量値は空乏層の厚さによって決まるため、MOS型バラクタ素子3の最小容量値は、MOS型バラクタ素子23の最小容量値とほぼ等しくなる。

### 【0032】

なお、このとき、MOS型バラクタ素子3に印加するゲート電圧の最大値は、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2に印加するゲート電圧よりも小さい値とする。例えば、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2の各端子に印加する電位の範囲を0(=GND)～3.3V(=VD<sub>D</sub>)とするとき、MOS型バラクタ素子3のゲート端子Vg3及びウエル端子Vbに印加する電位の範囲は例えば0～2.5Vとする。

### 【0033】

本実施形態においては、MOS型バラクタ素子3のゲート絶縁膜14の膜厚がNチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2のゲート絶縁膜4の膜厚よりも薄いため、MOS型バラクタ素子3の容量の最大値を高くすることができる。これにより、図2に示すように、容量の最大値をC<sub>max</sub>、最小値をC<sub>min</sub>とすると、MOS型バラクタ素子3においては、破線20に示すように、比(C<sub>max</sub>/C<sub>min</sub>)は6.5となる。これは、実線20に示す従来の半導体集積回路装置のMOS型バラクタ素子における比(C<sub>max</sub>/C<sub>min</sub>)の値(5.0)の1.3倍となる。このように、MOS型バラクタ素子3の容量の最大値を高くすることにより、単位面積当たりの容量値を増加させることができると共に、容量可変範囲を大きくすることができる。

### 【0034】

また、ゲート絶縁膜14の膜厚を薄くすると、その耐圧が低下するが、本実施形態においては、MOS型バラクタ素子3のゲート端子V<sub>g</sub>3及びウエル端子V<sub>b</sub>に印加する電位を、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2の各端子に印加する電位よりも低くすることにより、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2の特性を維持したまま、ゲート絶縁膜14が破壊されることを防止することができる。

### 【0035】

Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2においては、オン／オフ制御を行うことが多く、この場合、ゲート電圧の範囲をしきい値電圧が安定する範囲に設定する必要がある。この範囲の幅は例えば3.3Vである。これに対して、MOS型バラクタ素子3においては、ゲート電圧範囲を、ゲート電圧に対しても容量値が大きく変化する範囲とすればよいため、C-Vカーブの安定領域を必要以上に含む必要がない。このため、ゲート電圧範囲を、図2に示す電圧範囲25のように、従来の電圧範囲24よりも狭い範囲に設定しても、容量可変範囲が制限されることはない。

### 【0036】

即ち、従来のMOS型バラクタ素子23(図4(c)参照)においては、ゲー

ト端子Vg3とウエル端子Vbとの間の電圧Vgb (=Vg-Vb) の取り得る値は、 $-3.3 \leq V_{gb} \leq 3.3$  (V) となり、その絶対値は $|V_{gb}| \leq 3.3$  (V) となるが、本実施形態のMOS型バラクタ素子3においては、 $-2.5 \leq V_{gb} \leq 2.5$  (V) となり、 $|V_{gb}| \leq 2.5$  (V) となる。このため、ゲート絶縁膜14をゲート絶縁膜4よりも薄くしても、電圧により破壊されることがない。また、このとき、図2に示す従来の電圧範囲24の幅は6.6Vとなる。一方、本実施形態の電圧範囲25の幅は5.0Vとなり、従来の電圧範囲24よりも狭くなるが、図2に示すように、電圧範囲25は破線20により示されるC-Vカーブの変動範囲を十分にカバーしており、バラクタ素子3の容量可変範囲が制限されることはない。

### 【0037】

更に、本実施形態においては、バラクタ素子3におけるゲート絶縁膜14以外の部分を、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2を形成する工程において同時に形成することができる。また、前述の如く、ゲート絶縁膜4を形成する工程に、各1回の酸化工程及びパターニング工程を追加すれば、ゲート絶縁膜14を形成することができる。このため、本実施形態に係る半導体集積回路装置は、従来の半導体集積回路装置の製造プロセスに大きな修正を加えることなく、製造することができる。

### 【0038】

なお、本実施形態においては、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2におけるゲート絶縁膜4の膜厚を1水準(8.0nm)としたが、本発明はこれに限定されず、各トランジスタに要求する特性に応じて、ゲート絶縁膜4の膜厚を相互に異ならせて、複数水準設定してもよい。この場合、ゲート絶縁膜14の膜厚は、ゲート絶縁膜4のうち最も薄い膜よりも薄くする。

### 【0039】

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。図3は本実施形態に係る半導体集積回路装置のMOS型バラクタ素子を示す断面図である。図3に示すように、本実施形態に係る半導体集積回路装置においては、Nチャネルトランジスタ1(図1(a)参照)、Pチャネルトランジスタ2(図1(b)参照)及びMO

S型バラクタ素子13が設けられている。Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2の構成は、前述の第1の実施形態と同様である。また、MOS型バラクタ素子13においては、P型基板PSubの表面にNウエルNW2が形成されている。また、このNウエルNW2上にはゲート絶縁膜14が形成されている。このゲート絶縁膜14は前述の第1の実施形態におけるゲート絶縁膜14と同じものであり、例えば膜厚が6.0nmのシリコン酸化膜により形成されている。そして、ゲート絶縁膜14上には、ゲート電極5が形成されている。また、P型基板PSubの表面に垂直な方向から見て、NウエルNW2の表面におけるゲート電極5を挟む2ヶ所の領域には、夫々p<sup>+</sup>拡散領域P7及びP8が形成されている。このp<sup>+</sup>拡散領域P7及びP8においては、P型不純物として例えばB（ボロン）が注入されている。

#### 【0040】

更に、NウエルNW2の表面におけるゲート電極5の直下域並びにp<sup>+</sup>拡散領域P7及びP8から離隔した領域には、n<sup>+</sup>拡散領域N6が形成されている。更にまた、P型基板PSubの表面におけるNウエルNW2が形成されていない領域の一部には、p<sup>+</sup>拡散領域P9が形成されている。そして、ゲート電極5はゲート端子Vg3に接続され、n<sup>+</sup>拡散領域N6はウエル端子Vbに接続され、p<sup>+</sup>拡散領域P7及びP8並びにP9は接地電位配線GNDに接続されている。

#### 【0041】

次に、本実施形態に係る半導体集積回路装置の動作について説明する。図3に示すように、バラクタ素子13において、p<sup>+</sup>拡散領域P9に接地電位配線GNDを介して接地電位を印加することにより、P型基板PSubの電位を接地電位とする。そして、ゲート端子Vg3に正電位を印加し、ウエル端子Vbに負電位を印加することにより、NウエルNW2とゲート電極5との間に容量が形成される。そして、ゲート端子Vg3とウエル端子Vbとの間の電圧を変化させることにより、容量値を変化させることができる。また、p<sup>+</sup>拡散領域P7及びP8に接地電位を印加することにより、p<sup>+</sup>拡散領域P7及びP8がNウエルNW2内の正孔を吸収し、バラクタ素子の容量値を安定化することができる。本実施形態における上記以外の動作及び効果は、前述の第1の実施形態と同様である。

## 【0042】

### 【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、MOS型バラクタ素子のゲート絶縁膜をMOS型トランジスタのゲート絶縁膜よりも薄くしているため、MOS型バラクタ素子の容量の最大値を大きくすることができ、これにより、バラクタ素子の単位面積あたりの容量値を増加させることができると共に、このMOS型バラクタ素子の容量可変範囲を広くすることができる。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

(a) 乃至 (c) は、本発明の第1の実施形態に係る半導体集積回路装置を示す断面図であり、(a) はMOS型のNチャネルトランジスタを示し、(b) はMOS型のPチャネルトランジスタを示し、(c) はMOS型バラクタ素子を示す。

#### 【図2】

横軸にゲート端子とウェル端子との間の電圧をとり、縦軸にゲート端子とウェル端子との間の容量をとって、本実施形態におけるMOS型バラクタ素子の高周波C-V特性を示すグラフ図である。

#### 【図3】

本発明の第2の実施形態に係る半導体集積回路装置のMOS型バラクタ素子を示す断面図である。

#### 【図4】

(a) 乃至 (c) は、従来のMOS型バラクタ素子を備えた半導体集積回路装置を示す断面図であり、(a) はMOS型のNチャネルトランジスタを示し、(b) はMOS型のPチャネルトランジスタを示し、(c) はMOS型バラクタ素子を示す。

#### 【図5】

横軸にゲート端子とウェル端子との間の電圧をとり、縦軸にゲート端子とウェル端子との間の容量をとって、Nウェルの不純物濃度を変化させたときのMOS型バラクタ素子の高周波C-V特性を示すグラフ図である。

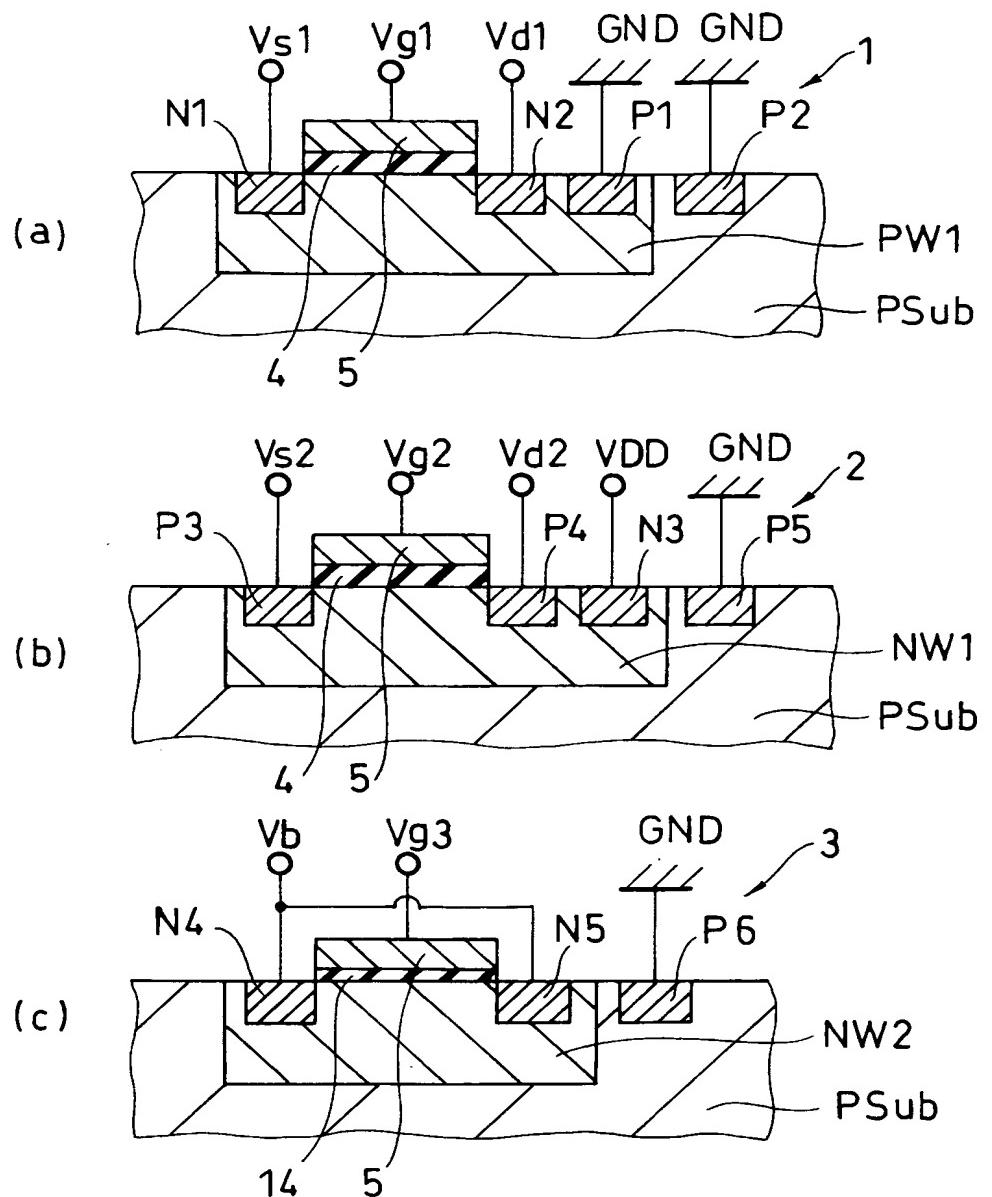
**【符号の説明】**

- 1 ; N チャネルトランジスタ
- 2 ; P チャネルトランジスタ
- 3、13、23 ; MOS型バラクタ素子
- 4、14 ; ゲート絶縁膜
- 5 ; ゲート電極
- 20、22 ; 破線
- 21 ; 実線
- 24、25 ; 電圧範囲
- P S u b ; P型基板
- P W 1 ; P ウエル
- N W 1、N W 2 ; N ウエル
- P 1 ~ P 9 ; p<sup>+</sup>拡散領域
- N 1 ~ N 6 ; n<sup>+</sup>拡散領域
- V s 1、V s 2 ; ソース端子
- V d 1、V d 2 ; ドレイン端子
- V g 1 ~ V g 3 ; ゲート端子
- V b ; ウエル端子
- V D D ; 電源電位配線
- G N D ; 接地電位配線

【書類名】

図面

【図1】



1 ; Nチャネルトランジスタ

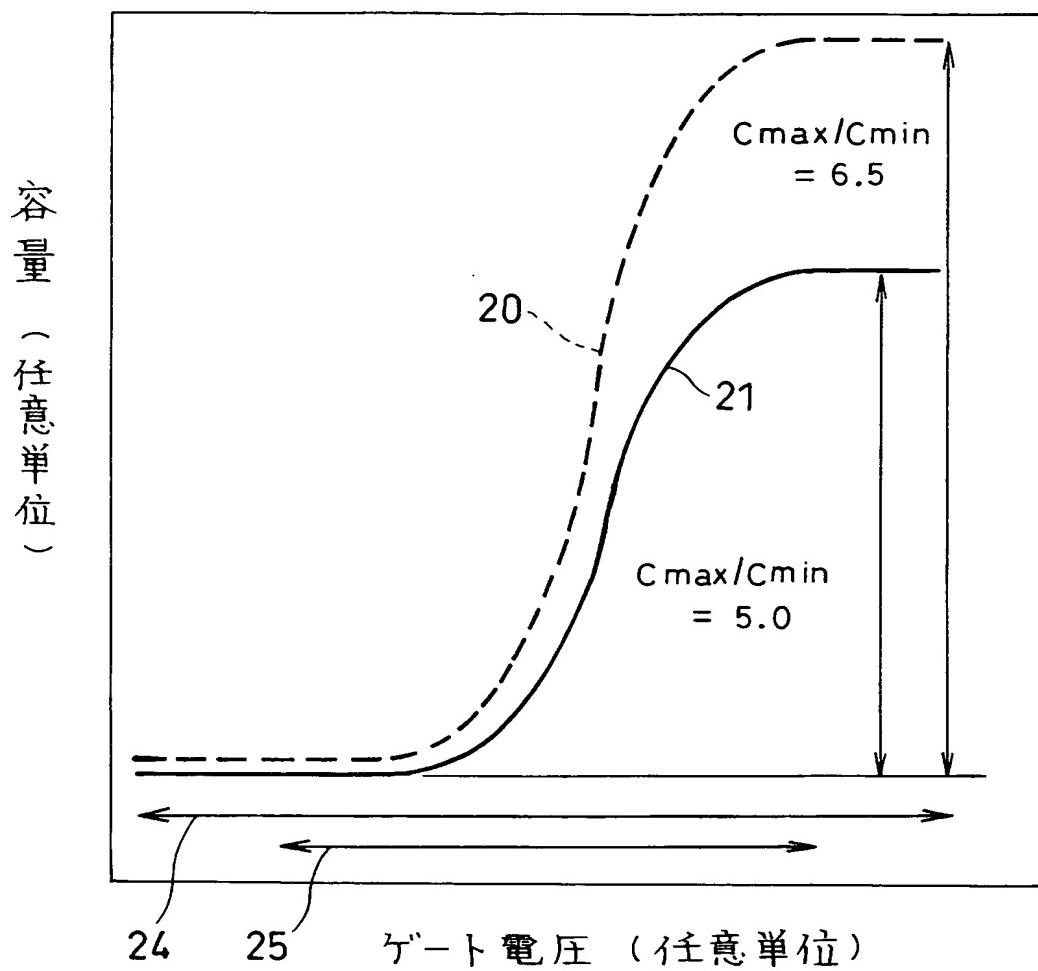
2 ; Pチャネルトランジスタ

3 : MOS型バラクタ素子 4 ; ゲート絶縁膜 14 ; ゲート絶縁膜

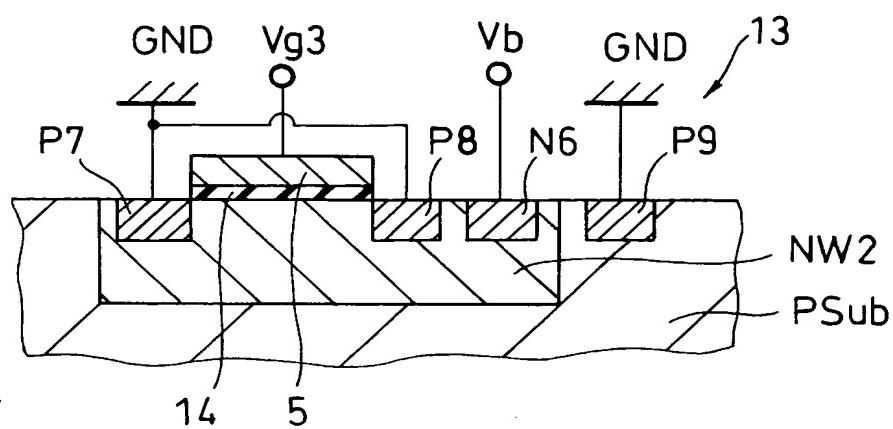
5 ; ゲート電極 PSub ; P型基板

PW1 ; Pウェル NW1、NW2 : Nウェル

【図2】



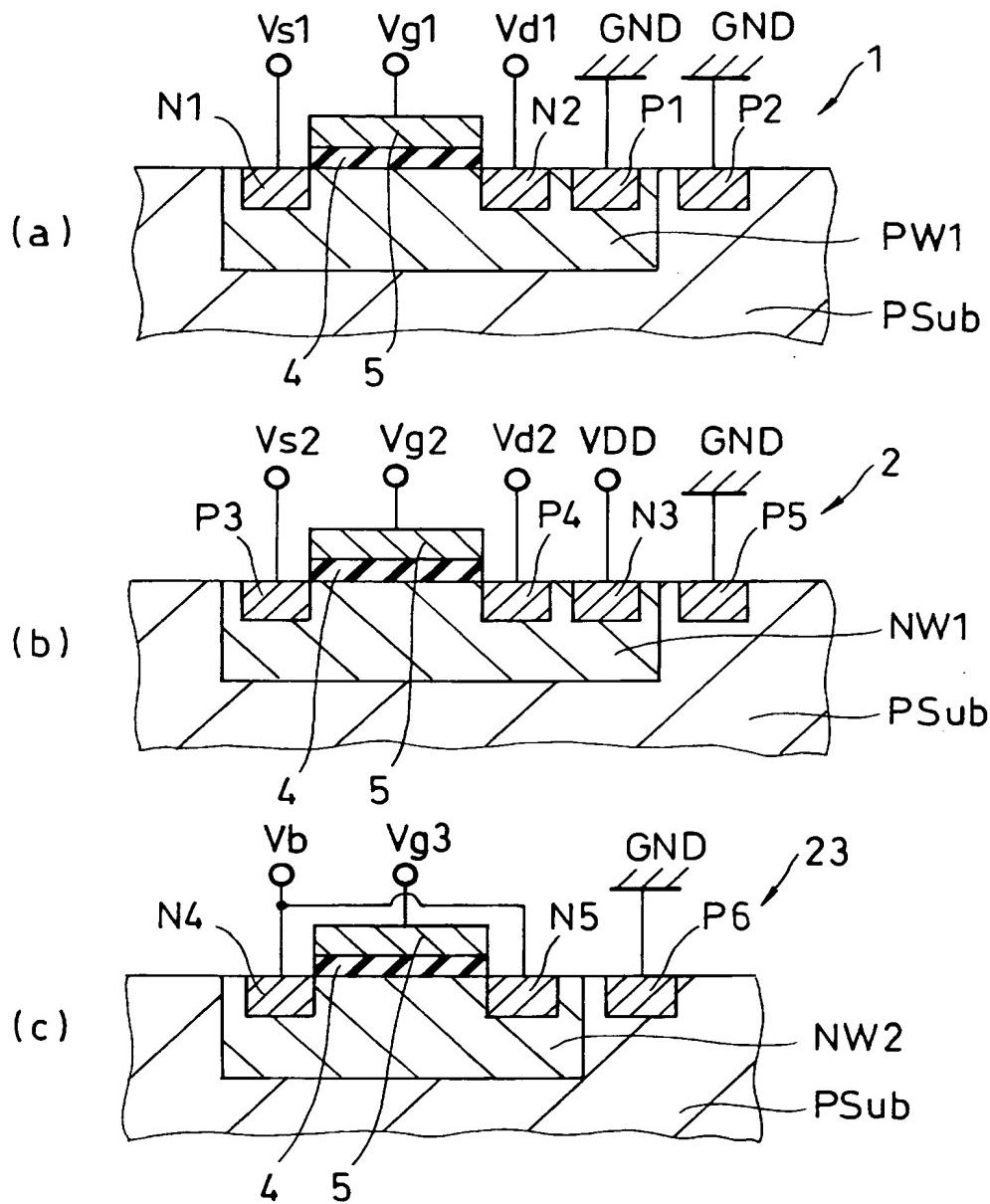
【図3】



13 ; MOS型バラクラタ素子

P7 ~ P9 ; p<sup>+</sup>拡散領域N6 ; n<sup>+</sup>拡散領域

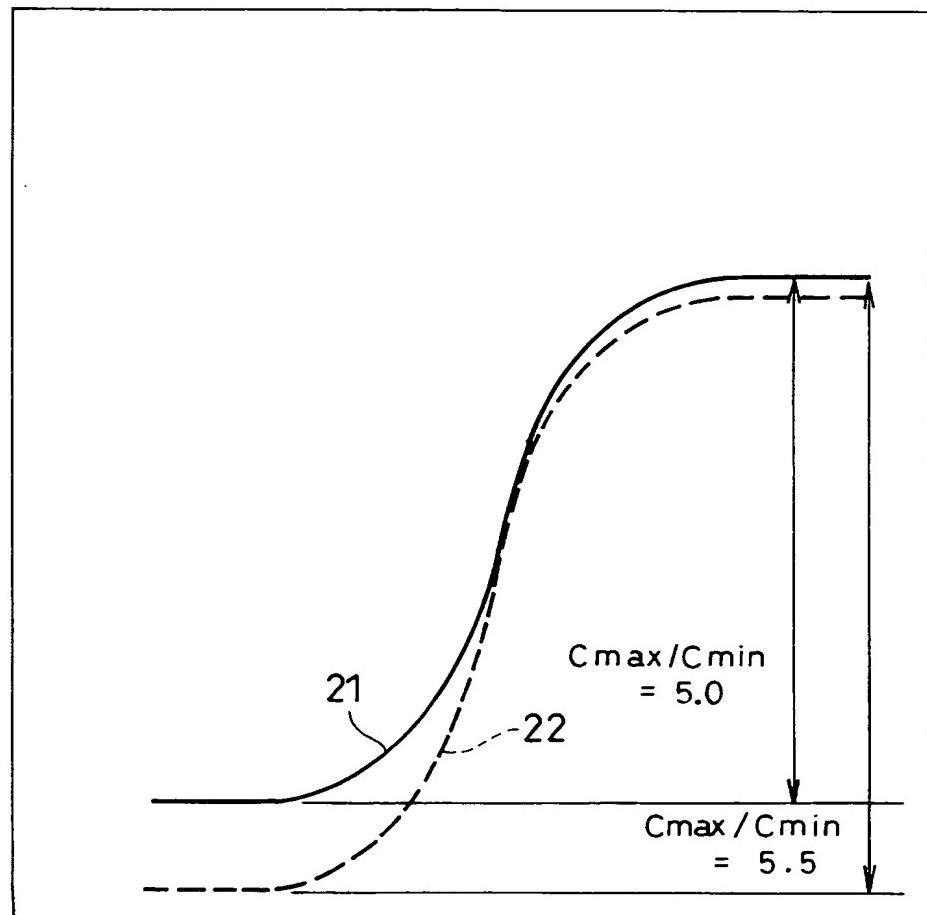
【図4】



23; MOS型バラクタ素子

【図5】

容量（任意単位）



ゲート電圧（任意単位）

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 可変容量範囲が広く、単位面積当たりの容量値が大きいMOS型バラクタ素子を備えた半導体集積回路装置を提供する。

【解決手段】 半導体集積回路装置において、P型基板P Sub の表面にNチャネルトランジスタ1、Pチャネルトランジスタ2及びMOS型バラクタ素子3を設ける。そして、MOS型バラクタ素子3のゲート絶縁膜14を、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2のゲート絶縁膜4よりも薄くする。また、MOS型バラクタ素子3のウエル端子Vbとゲート端子Vgとの間に印加するゲート電圧の最大値を、Nチャネルトランジスタ1及びPチャネルトランジスタ2に印加するゲート電圧の最大値よりも低くする。

【選択図】 図1

**認定・付加情報**

特許出願の番号 特願2003-106118  
受付番号 50300593130  
書類名 特許願  
担当官 第七担当上席 0096  
作成日 平成15年 4月25日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】 平成15年 4月10日

次頁無

特願 2003-106118

出願人履歴情報

識別番号 [302062931]

1. 変更年月日 2002年11月 1日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地

氏 名 NECエレクトロニクス株式会社